

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **08-262243**
 (43)Date of publication of application : **11.10.1996**

(51)Int.Cl. G02B 6/12
 H04B 3/04
 H04J 14/00
 H04J 14/02
 H04B 10/02
 H04B 10/18
 H04B 10/14
 H04B 10/135
 H04B 10/13
 H04B 10/12

(21)Application number : **08-041276** (71)Applicant : **INTERNATL BUSINESS MACH
 CORP <IBM>**
 (22)Date of filing : **28.02.1996** (72)Inventor : **LI CHUNG-SHENG
 TONG FRANKLIN F-K**

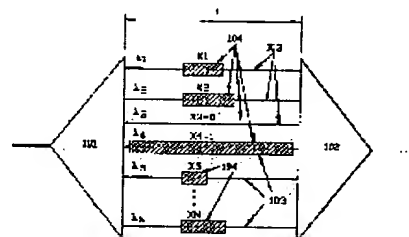
(30)Priority
 Priority number : **95 399276** Priority date : **06.03.1995** Priority country : **US**

(54) LIGHT EQUALIZER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive wideband passive light equalizer by which light is equalized in a long distance communication network.

SOLUTION: A monolithic integration light equalizer is provided with an optical demultiplexer 101, by which multiplexing of a light signal is released into a plurality of individual channels, and a plurality of optical connectors X1-XN connecting the terminal of the demultiplexer 101 to an optical multiplexer 102. Metallic piece layers 104 with different lengths are stuck on the optical connectors X1-XN, and the light signal is equalized over the channels in the output terminal of the optical multiplexer 102.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.07.1998
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number] 3111014
 [Date of registration] 14.09.2000
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-262243

(43) 公開日 平成8年(1996)10月11日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 2 B 6/12			G 0 2 B 6/12	F
H 0 4 B 3/04			H 0 4 B 3/04	A
H 0 4 J 14/00			9/00	E
14/02				M
H 0 4 B 10/02				Q

審査請求 未請求 請求項の数 7 OL (全 5 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-41276

(22) 出願日 平成8年(1996)2月28日

(31) 優先権主張番号 399276

(32) 優先日 1995年3月6日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 チャン＝シャン・リー

アメリカ合衆国10562 ニューヨーク州オ
シニングクロトン・アベニュー 50 アパ
ートメント 2C

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

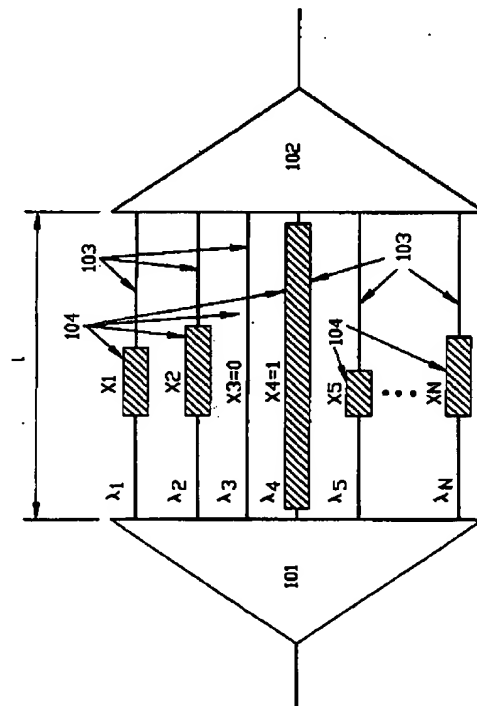
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光等化器

(57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、長距離通信ネットワークで光等化を行う、低コストで広帯域の受動的な光等化装置を提供することである。

【解決手段】 光信号を複数の個別のチャンネルに多重化解除する光デマルチプレクサ、およびデマルチプレクサの端子を光マルチプレクサに接続する複数の光コネクタとを有する、モノリシック集積光等化装置。さまざまな長さの金属片が、光コネクタ上に付着され、光信号が、光マルチプレクサの出力端子におけるチャンネルにわたり等化されるようになっている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバ上の複数の波長を有する光信号を等化する光等化器において、
前記光信号を複数の個別のチャンネルに多重化解除し、前記各チャンネルが対応する前記波長の 1 つを中心としている、光波長デマルチプレクサと、
光マルチプレクサと、
前記デマルチプレクサの出力端子を前記マルチプレクサの入力端子に接続する複数の光コネクタと、
対応する前記光コネクタの 1 つにそれぞれ付着され、前記光信号が前記光マルチプレクサの出力端子における前記チャンネルにわたり等化されるように、それぞれが所定の長さである複数の金属片とからなる、光等化器。

【請求項 2】 前記マルチプレクサ、前記デマルチプレクサおよび前記光コネクタが、シリコン基板上にモノリシックに集積されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の光等化器。

【請求項 3】 前記マルチプレクサ、前記デマルチプレクサおよび前記光コネクタが、インジウムリン基板上にモノリシックに集積されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の光等化器。

【請求項 4】 前記マルチプレクサ、前記デマルチプレクサおよび前記光コネクタが、ポリマ基板上にモノリシックに集積されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の光等化器。

【請求項 5】 前記マルチプレクサ、前記デマルチプレクサおよび前記光コネクタが、酸化ニオブ酸リチウム基板上にモノリシックに集積されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の光等化器。

【請求項 6】 N 個の波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_N$ を有する光信号を等化する光等化器において、
 N チャンネルに光信号を多重分離し、前記各チャンネル i が対応する前記波長 λ_i の 1 つを中心としており、前記各チャンネル i が前記波長デマルチプレクサの出力において光信号電力 P_i を有する光波長デマルチプレクサと、
光マルチプレクサと、
前記デマルチプレクサの出力端子を前記マルチプレクサの入力端子に接続する前記各チャンネルの長さ l の光コネクタと、
前記各チャンネル i 上に付着された長さ x_i の金属片とからなり、前記各金属片の長さが、最小信号パワー P_I を有するチャンネル I に対し x_I をゼロにし、前記他の各チャンネル i に対し前記 x_i を

【数 1】

$$\frac{P_i - P_I}{\alpha_m - \alpha}$$

と等しくするステップによって決まり、ここで α_m が、上に付着された前記金属片の、金属片を有する前記光コネクタの部分の減衰係数であり、 α が上に付着された金

属片を有さない前記光コネクタの部分の減衰係数である、
光等化器。

【請求項 7】 $l = \max \{X_i \mid i = 1, \dots, N\}$ であることを特徴とする、請求項 6 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数の波長における光信号を伝送する光ファイバのためのゲイン等化に関する。

【0002】

【従来の技術】 WDMA/WDM を使用する大都市圏ネットワークもしくは広域ネットワーク (MAN/WAN) は、異なる地点から発信される光信号が、異なる減衰を生じる遠近差の問題を潜在的に秘めている。さらに、このようなネットワークで使用されるファイバおよび光増幅器はまた、非フラット伝送スペクトルを有しており、このため、たとえ同一の物理パスを通じて送られても、異なる波長は異なるゲインおよび減衰を生じることになる。増幅器の不均一なゲインは、そのスペクトルにわたって分布する異なる信号に異なるゲイン係数をもたらす。多くの光増幅器が互いにカスケード接続されているため、この問題は、より深刻になる。この効果はシステム・マージンを低下させ、検出器のダイナミック・レンジを越えてしまう可能性もある。したがって、ゲイン等化が必要とされる。

【0003】 ゲイン等化に関する既存の研究のほとんどは、光増幅器の非フラット・ゲイン・スペクトルを等化することに向けられてきた。Er³⁺ファイバ増幅器に組み込まれたファイバ回折格子を使用するゲイン等化が、[1] において提案された。WDMA システム内の異なるチャンネル間の光信号電力を動的に等化 (ポンピング電力により) するために、オフセット・ゲイン・ピークを有する二段増幅器が [2] において提案された。しかしながら、この方式の等化帯域は、約 2.5 nm ときわめて限定されたものである。ゲイン等化を光フィルタの伝送スペクトルの制御によって行うこともできる。この原理を使用して、7 nm にわたる等化 29 チャンネル WDM システムが、マッハ・ツェンダー (Mach-Zehnder) 干渉フィルタを使用して実証された

[3]。十分な帯域幅を有さないことに加えて、マッハ・ツェンダー・フィルタは、適切な減衰に制御することがきわめて困難である。音響光学同調可能フィルタ (AOTF) も、きわめて広い伝送ウィンドウのゲイン・スペクトルを等化するために使用された [4]。各 RF 信号が異なる大きさとで伝送する複数の RF 周波数を挿入することにより、任意の伝送特性を確立できる。しかしながら、この解決法は、AOTF の周波数によって制限される。

【0004】 したがって、広域および長距離にわたる光

3

通信ネットワークをもたらすために、低コストで広帯域な受動的な光装置が求められている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、長距離通信ネットワークで光等化を行う、低コストで広帯域の受動的な光等化装置を提供することである。

【0006】本発明の目的は、光MAN/WAN（大都市圏ネットワーク／広域ネットワーク）または光長距離通信システムにおいて存在する不等通信スペクトルに起因する遠近差の問題を克服することにある。

【0007】本発明の他の目的は、30nmから50nmの範囲の帯域における等化をもたらすことである。

【0008】本発明の他の目的は、等化器の出力における等化電力を最大化することである。

【0009】本発明の他の目的は、等化器の物理的サイズを最小化することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、等化をもたらすために導波路上に付着させた金属層を備えるプレーナ回折格子を使用する等化方法を提案する。したがって、本発明は、多数の波長を有する光信号を等化するための光等化器である。本発明は、光信号を、各チャンネルが波長の1つを中心としている個別の複数のチャンネルに多重化解除する光波長デマルチプレクサを含んでいる。本発明はまた、光マルチプレクサ、およびマルチプレクサの端子をデマルチプレクサの端子に接続する複数の光コネクタも含んでいる。この場合、所定長の複数の金属片が光コネクタ上に付着されているので、光信号が光マルチプレクサの出力チャンネルにおいて光チャンネルにわたり等化される。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明において、図1に示すような、SiO₂/Siプレーナ導波路回折格子デマルチプレクサに基づく、完全モノリシック受光集積回路を提案する。

【0012】このプレーナ回折格子（101および102）は、デマルチプレクサ（101）およびマルチプレクサ（102）としての機能を果たすことができる。プレーナ回折格子（エッチング回折格子またはフェーズ・アレイのいずれか）が、本発明に好ましい構造ではあるが、マッハ・ツェンダー干渉計のように、受信波長を空間的に異なる位置に分解することのできる他の方法もある。デマルチプレクサ101を使用して、異なる波長の光信号が回折格子によって回折され、特定の波長用に設計された出力導波路に集束される。マルチプレクサ

（102）において、この逆のプロセスが行われる。意図した波長のセットは導波路の出力に配置することができ、これらの波長を回折格子により単一の出力に組み合わせることができる。本発明は、背面が向かい合ったデマルチプレクサとマルチプレクサから成るモノリシック

4

構造である。受信波長は、異なるパスにより分離され、単一の出力として互いに結合される。光パスを作成するプロセスは、たとえば、参照により本明細書の一部とする[5]に示されている。様々な信号を等化するために、金属層（104）は、光信号を減衰する必要がある導波路（103）の直交電界（TE）（TEおよび直交磁界（TM）モードは金属層によって減衰される）のパスに沿ってリトグラフィによって付着される。金属層の付着はVLSIプロセスにおいて典型的なものであり、その技法は、たとえば、参照により本明細書の一部とする[6]において教示されている。個々の波長チャンネルのシステム・シミュレーションによって計算される減衰の必要量は、金属層の長さ（ L_i ）によって決まる。

【0013】上記の回路を作成するために、他の基板を使用することもできる。たとえば、InP、ポリマまたはLiNbO₃ベースのプレーナ導波路回折格子も使用できる。

【0014】導波路の減衰は、導波路の寸法および材質によって決まる。金属被覆された導波路の減衰は、 α_m であり、一方金属被覆されていない導波路の減衰は、 α である。

【0015】導波路の幅、高さ、および屈折率の関数としての減衰係数 α_m および α の計算は、当技術分野において周知であり、たとえば、参照により本明細書の一部とする[7]に示されている。

【0016】したがって、光マルチプレクサとデマルチプレクサとの間の合計長さ l の導波路の枝路の全損失 L は、次の等式で表される。

$$L = \alpha_m x + \alpha (1 - x)$$

ここで x は、導波路の金属被覆部分の長さである。

【0017】 i^{th} 波長チャンネルの信号強度が P_i であり、かつ $P \leq \min \{P_i \mid i = 1, \dots, N\}$ と仮定する。したがって、出力電力を等化するために必要な i^{th} チャンネルの追加損失は、 $\Delta P_i = P_i - P$ となる。このようなシステムを設計することは、 P （ $P \leq \min \{P_i \mid i = 1, \dots, N\}$ ）を最大化して、 x_i が i^{th} チャンネルの導波路（光コネクタ）上に付着された金属層の長さである以下の N 次連立方程式を解くことに等しい。

$$P_i - P = \alpha_m x_i + \alpha (1 - x_i)$$

$$= (\alpha_m - \alpha) x_i + \alpha \quad i = 1, \dots, N$$

【0018】 $P \leq \min \{P_i \mid i = 1, \dots, N\}$ の制約の理由は、光デマルチプレクサからの各波長における光信号が、非ゼロ距離を経なければならず、非ゼロ光損失を被ることになるためである。上記の等式の解法手順は、次の通りである。

・ P_I が、 $\{P_i \mid i = 1, \dots, N\}$ における最小出力電力となるように指標 I を求め、

・ $x_I = 0$ とすると、 $P_I - P = \alpha$ となり、

・これを $i \neq I$ の任意の他の等式に代入し、 i における x を求める。代入後、

5

【数2】

$$x_i = \frac{P_i - P_l}{\alpha_m - \alpha}$$

・ x_j が $\{x_j | j = 1 \dots N\}$ の中で最大となる j を求め、

・ $l = x_j$ とし、

・ $P = P_l - \alpha l$ を計算する。

【0019】数値例として、以下の導波路特性を仮定する。金属被膜のない導波路の損失 α は、 0.1 dB/cm であり、金属被膜の導波路の損失 α_m は、 1 dB/cm である。さらに、それぞれの波長が λ_1 、 λ_2 、 λ_3 および λ_4 に対する光デマルチプレクサの出力において、光出力が -16 dBm 、 -17 dBm 、 -15 dBm 、および -18 dBm の4つの波長の等化器を仮定する。上記で概略を述べた手順を使用すると、次の等式が導かれる。

$$0.9x_1 + 0.1l = -16 - P,$$

$$0.9x_2 + 0.1l = -17 - P,$$

$$0.9x_3 + 0.1l = -15 - P,$$

$$0.9x_4 + 0.1l = -18 - P,$$

【0020】 x_4 をゼロにすると、 $-18 - P = 0$ 、 l が得られる。これを上記の任意の等式 (x_4 を含むものを除き) に代入して、最適な解が求められる。

$$x_1 = 2.22 \text{ cm}$$

$$x_2 = 1.11 \text{ cm}$$

$$x_3 = 3.33 \text{ cm}$$

$$x_4 = 0 \text{ cm}$$

各波長の等化出力電力は、 -18.33 dB に等しく、導波路の合計長は、 3.33 cm である。

【0021】 $X_l = 0$ かつ $l = X_j$ を選ぶことにより、同時に等化器を最小物理寸法としながらも、等化器の出力における最大光出力を可能にすることができる。

【0022】 $X_l = 0$ 、 $X_j l$ とすることが最適な解であるが、 δP_i の上記の等式の他の解も可能である。

【0023】図1は、ゲイン等化のための提案された装置を示している。

【0024】[1] M. Tachibana, I. Larning, P.R. Morke, D.N. Payne, Gain-shaped Erbiumdoped Fiber Amplifier (EDFA) with Broad spectral Bandwidth, Topical Meeting on Optical Amplifier Application, MDI, 1990.

[2] C.R. Gile, D.J. Giovanni, Dynamic Gain Equalization in Two-stage Fiber Amplifiers, IEEE Photonic Technology Letters, Vol. 2, No. 12, Dec. 1990, p. 866-868.

[3] K. Inoue, T. Kominato, H. Toba, Tunable Gain Equalization Using a Mach-Zehnder Optical Filter in Multistage Fiber Amplifiers, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 3, No. 8, 1991, pp. 718-720.

6

[4] F. Su, R. Olshansky, G. Joyce, D.A. Smith, J. E. Baran, Use of Acousto-optic Tunable Filters as Equalizers in WDM Lightwave Systems OFC Proceedings, pp. 203-204, 1992.

[5] D.L. Lee, Chapter 7: Waveguide Fabrication, in Electromagnetic Principles of Integrated Optics, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1986.

[6] S.M. Sze, VLSI Technology, McGraw-Hill, New York, 1988.

[7] D. Lee, Electromagnetic Principles of Integrated Optics, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1986.

【0025】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0026】(1) 光ファイバ上の複数の波長を有する光信号を等化する光等化器において、前記光信号を複数の個別のチャンネルに多重化解除し、前記各チャンネルが対応する前記波長の1つを中心としている、光波長デマルチプレクサと、光マルチプレクサと、前記デマルチプレクサの出力端子を前記マルチプレクサの入力端子に接続する複数の光コネクタと、対応する前記光コネクタの1つにそれぞれ付着され、前記光信号が前記光マルチプレクサの出力端子における前記チャンネルにわたり等化されるように、それぞれが所定の長さである複数の金属片とからなる、光等化器。

(2) 前記マルチプレクサ、前記デマルチプレクサおよび前記光コネクタが、シリコン基板上にモノリシックに集積されていることを特徴とする、上記(1)に記載の光等化器。

(3) 前記マルチプレクサ、前記デマルチプレクサおよび前記光コネクタが、インジウムリン基板上にモノリシックに集積されていることを特徴とする、上記(1)に記載の光等化器。

(4) 前記マルチプレクサ、前記デマルチプレクサおよび前記光コネクタが、ポリマ基板上にモノリシックに集積されていることを特徴とする、上記(1)に記載の光等化器。

(5) 前記マルチプレクサ、前記デマルチプレクサおよび前記光コネクタが、酸化ニオブ酸リチウム基板上にモノリシックに集積されていることを特徴とする、上記

(1)に記載の光等化器。

(6) N 個の波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_N$ を有する光信号を等化する光等化器において、 N チャンネルに光信号を多重分離し、前記各チャンネル i が対応する前記波長 λ_i の1つを中心としており、前記各チャンネル i が前記波長デマルチプレクサの出力において光信号電力 P_i を有する光波長デマルチプレクサと、光マルチプレクサと、前記デマルチプレクサの出力端子を前記マルチプレクサの入力端子に接続する前記各チャンネルの長さ l の光コネクタと、前記各チャンネル i 上に付着された長さ x_i

の金属片とからなり、前記各金属片の長さが、最小信号
パワー P_1 を有するチャネル I に対し x_I をゼロにし、前
記他の各チャネル i に対し前記 x_i を

【数 3】

$$\frac{P_i - P_1}{\alpha_m - \alpha}$$

と等しくするステップによって決まり、ここで α_m が、
上に付着された前記金属片の、金属片を有する前記光コ
ネクタの部分の減衰係数であり、 α が上に付着された金
属片を有さない前記光コネクタの部分の減衰係数であ

る、光等化器。

(7) $1 = \max \{X_i \mid i = 1, \dots, N\}$ であるこ
とを特徴とする、上記 (6) に記載の装置。

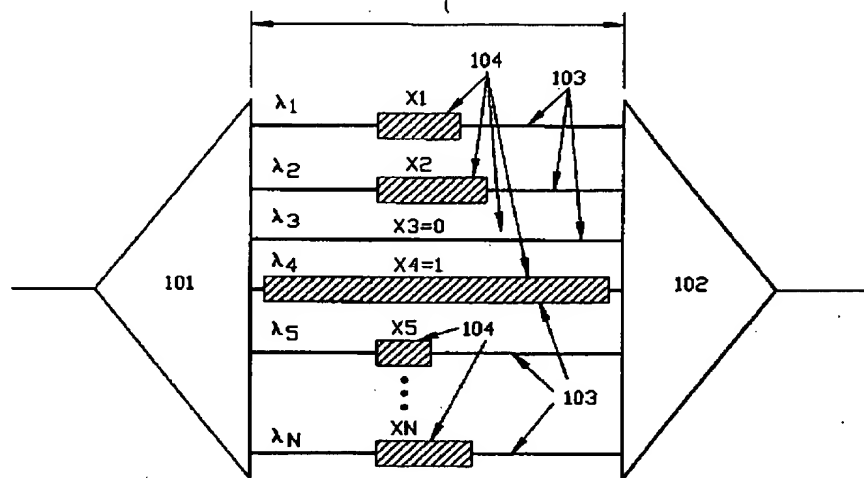
【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による、受動ゲイン等化装置を示す概略
図である。

【符号の説明】

- | | |
|-----|---------------------|
| 101 | プレーナ回析格子 (デマルチプレクサ) |
| 102 | プレーナ回析格子 (マルチプレクサ) |
| 103 | 導波路 |
| 104 | 金属層 |

【図 1】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 10/18
10/14
10/135
10/13
10/12

(72) 発明者 フランクリン・エフ＝ケー・トン
アメリカ合衆国 06907 コネチカット州ス
タンフォード パリー・ロード 108